

УДК 628:245

Ф.С.КАКШАР

*Харьковская государственная академия городского хозяйства***К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ВИСЯЧИХ СТЕН В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Проанализированы известные методы расчета балок-стенок, являющихся составной частью висячей стены. Даны рекомендации по расчету составных элементов висячей стены с учетом современных программных комплексов на основе метода конечных элементов.

Одним из резервов снижения материалоемкости, трудозатрат и стоимости элементов конструкций, испытывающих действие местных нагрузок, является совершенствование их структуры.

В современных зданиях широко используются висячие стены, поддерживаемые рандбалкой. Это вызвано тем, что архитектура современных зданий требует при проектировании стен такого инженерного решения, чтобы последние не опирались на фундамент. В связи с этим необходимо учитывать совместную работу балки-стенки и поддерживающей ее рандбалки или плиты перекрытия.

Согласно действующим нормам (СНиП II-22-81) расчет элементов висячих стен производится по эмпирическим зависимостям, в которых условно учитываются площади смятия и характер распределения напряжений, при этом без учета нелинейного характера деформирования рассматриваемой стены.

В литературе последних десятилетий [5,7] вопросам расчета висячих стен уделено мало внимания, в то время как широкое применение висячих стен в объектах гражданского строительства требует тщательной проверки методики расчета [1].

В настоящее время балки большой высоты (балки-стенки) находят широкое применение в практике строительства, однако в основном их рассчитывают как упругие однородные тела. Элементарный подход к расчету балок-стенок, основанный на гипотезе плоских сечений, не может дать правильного решения, поэтому применяют более точные методы решения задач плоской теории упругости. Обычно для практических важных случаев задача сводится к интегрированию уравнений для плоской области при заданных граничных условиях на контуре. Но при этом усложняется вычислительная сторона решения задачи, так как решение получается громоздким и трудноприменимым в практике проектирования.

Первые решения задач плоской теории упругости были опубликованы более ста лет назад (Х.С.Головин, Рибьер, Файлон Прандтль), а

затем Г.В.Колосовым и Н.И.Мухелишвили, разработавшими общий метод решения задач плоской теории упругости. Однако метод Колосова-Мухелишвили оказался малоприменимым при получении численных решений для конкретных балок-стенок. Из других приближенных методов решения этой задачи необходимо отметить вариационные методы, метод сеток и метод рядов.

Классические вариационные методы, основанные на принципах Лагранжа и Кастилиано, несмотря на свою простоту, непригодны для расчета балок-стенок, поскольку для достижения достаточной точности возрастает трудоемкость вычислений.

При использовании смешанного вариационного метода Л.В.Канторовича решение сводится к относительно несложной задаче интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, однако задача усложняется при получении более точных решений.

Более простым при расчете балок-стенок является метод сеток, представляющий собой метод численного интегрирования бигармонического дифференциального уравнения. Но несмотря на свои значительные достоинства этот метод имеет и существенные недостатки, а при стремлении получить более точный результат за счет уменьшения "просветов" сетки заметно усложняется вычислительная работа. Применение метода сеток является весьма сложным для расчета высоких прямоугольных балок-стенок, поэтому этот метод практически неприемлем при расчете висячих стен, имеющих конфигурацию прямоугольника.

Таким образом, в известных методах обычно учитываются конкретные, присущие рассматриваемой задаче условия. Выбор какого-либо из методов расчета для практического использования затруднителен из-за принципиальных различий предпосылок, приводящих к количественному результату. Предпочтительно, чтобы методика расчета базировалась на общей основе, которой, по нашему мнению, может быть метод конечных элементов.

Приведенный выше краткий обзор подтверждает целесообразность применения метода конечных элементов (МКЭ) при решении рассматриваемой задачи. С помощью этого метода можно получить картину действительного распределения напряжений в балках-стенках, рандбалке, а также в местах ее опирания. МКЭ не дает абсолютно точных значений, однако приводит к вполне удовлетворительному решению практических инженерных задач. Он особенно удобен при расчете континуальных систем, состоящих из пластин, оболочек и стержней — именно такой конструкцией является висячая стена.

Этот метод дает также возможность исследовать напряженно-де-

формированное состояние не только в стене, представляющей собой балку-стенку, но и во всей системе висячей стены, опирающейся на рандбалку. В результате расчета рандбалки можно установить распределение напряжений между рандбалкой и балкой-стенкой, а также проанализировать влияние физико-геометрических характеристик балки-стенки и поддерживающей ее рандбалки на рациональность и долговечность конструкций данного типа.

В результате расчета рандбалки необходимо найти распределение напряжений между балкой и стенкой, так как его принимают за эпюру нагрузки для определения значений изгибающих моментов и поперечных сил и на их основании производят расчет балки на прочность. Следует отметить, что в литературе [4,6] этот вопрос решается по приближенной методике, где эпюра контактных давлений имеет линейный характер, что не соответствует действительным условиям работы рандбалки.

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике расчета строительных конструкций широко используют программные комплексы, в основу которых положен МКЭ, что приводит к существенному упрощению расчетов для таких сложных инженерных конструкций, которой является висячая стена.

Кроме того, МКЭ позволяет рассматривать висячие стены большой высоты, имеющие сложную конфигурацию, за счет конструктивных приемов, а также различные условия закрепления.

В работе [3] исследована целесообразность сочетания методов оптимизации параметров конструкции с регулированием напряженно-деформированного состояния висячих стен, а также конфигурации рандбалки, обусловленной архитектурными требованиями.

Анализ показал, что вопросам расчета висячих стен как биагрегата, состоящего из балки-стенки и рандбалки или плиты перекрытия, в отечественной и зарубежной литературе уделено мало внимания несмотря на актуальность данной проблемы при проектировании реальных инженерных сооружений. Приведенное выше дает основание для поиска решения проблемы методом компилирования алгоритмов МКЭ и его представления при этом в форме [3].

1. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81). – М.: ЦИТП, 1988. – С. 75-79.

2. Шмуклер В.С. Оптимизация параметров строительных конструкций в условиях регулирования их напряженно-деформированного состояния. // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. Вып. 8. – К.: Техніка, 1997. – С. 3-14.

3. Шмуклер В.С., Какашар Ф.С. Управление напряженным состоянием висячих стен // Науковий вісник будівництва. Вип. 13. – Харків: ХДТУБА, 2001. – С. 20-30.

4. Вахненко П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции. – К.: Будівельник, 1990.

– 284 с.

5. Калманок А. С. Расчет балок-стенок. – М.: Госстройиздат, 1956. – С. 35-67.

6. Яшин А. В. Расчет прочности железобетонных балок-стенок с учетом упруго-пластических свойств железобетона: Учебн. пособие. Казань: КазХТИ, 1986. – 32 с.

7. Бай Г. Расчет балок-стенок. – М.: ОНТИ, 1935. – С. 20-46.

8. Варвак П. М. Новые методы решения задач сопротивления материалов. – К.: Вища школа, 1985. – 160 с.

9. Безухов Н. И. Теория упругости и пластичности. – М., 1953. – 420 с.

Получено 16.04.2001

## **КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 628.84

Е. М. БЕЛОВА, канд. техн. наук, А. А. КРИВОУС

*Полтавский государственный технический университет им. Юрия Кондратюка*

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ТЕПЛО-, ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ДОВОДЧИКОВ**

Рассматриваются проблемы, связанные с проектированием и эксплуатацией местно-центральных систем кондиционирования воздуха зданий. Выполнена формализация процесса потокораспределения в системе тепло-, холодоснабжения вентиляторных доводчиков.

Общественные и промышленные здания с большим количеством помещений оборудуют центральной системой кондиционирования воздуха (СКВ), обеспечивающей подачу в помещения минимального расхода наружного воздуха, и местными рециркуляционными системами, которые могут быть с теплообменниками прямого испарения или вентиляторными доводчиками. Преимуществом последних систем являются экологическая безопасность, возможность круглогодичного поддержания заданных параметров воздуха, отсутствие необходимости устройства систем отопления.

Проектирование производят на расчетные режимы, когда нагрузки на СКВ максимальные по всем помещениям одновременно. Нагрузка на теплообменник фанкойла изменяется как за рабочее время суток от 100 до 10%, так и в течение года. Даже для расчетных режимов гидравлические режимы для теплого (определяющего) и холодного периодов отличаются значительно. Поддержание заданных параметров воздуха в каждом помещении возможно только путем управления